



СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1592345**

**A1**

(51) **С 21 С 5/48**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4452049/27-02

(22) 29.06.88

(46) 15.09.90. Бюл. № 34

(71) Мариупольский металлургический комбинат "Азовсталь" и Мариупольский металлургический институт

(72) М.А.Поживанов, А.М.Поживанов, А.А.Булянда, В.А.Сахно, Е.А.Иванов и А.В.Сущенко

(53) 669.184.244(088.8)

(56) Заявка Франции № 2496699, кл. С 22 В, 9/05, С 21 С 5/32, опублик. 1978..

Авторское свидетельство СССР № 1168608, кл. С 21 С 5/48, 1984.

Авторское свидетельство СССР № 1439129, кл. С 21 С 5/48, 1987.

(54) КИСЛОРОДНАЯ ФУРМА ДЛЯ ПРОДУВКИ РАСПЛАВА

(57) Изобретение относится к металлургии, преимущественно к кислородно-конвертерному производству стали. Цель изобретения - снижение расхода чугуна на плавку за счет повышения эффективности дожигания окиси углерода и уве-

личение стойкости фурмы. Фурма состоит из трех (или четырех при наличии автономного тракта подачи кислорода для дожигания) труб 1, образующих тракт(ы) подвода кислорода 2, тракты охладителя 3, и головки 4, которая имеет продувочные сопла Лаваля 5 и центральное сопло 6 для подачи кислорода в виде вихревой струи на дожигание СО. Сопло 6 снабжено установленным на входе в него завихрителем 7, состоит из цилиндрической части 8 и выходной части 9, плавно сопрягающей часть 8 сопла 6 с нижней образующей 10 головки фурмы. Высота выходной части 9 сопла 6 составляет 0,1-0,3 высоты части 8, а соотношение площади проходного сечения каналов завихрителя  $F_3$  и площади проходного сечения части 8 сопла 6 (0,25-0,75):1. При исполнении фурмы без автономного тракта для подвода дожигающего кислорода соотношение площади  $F_3$  и площади критических сечений сопел Лаваля 5 (0,05-0,25):1. 4 ил., 2 табл.

Изобретение относится к металлургии, преимущественно к кислородно-конвертерному производству стали.

Цель изобретения - снижение расхода чугуна на плавку за счет повышения эффективности дожигания окиси углерода и увеличение стойкости фурмы.

Вихревой поток кислорода в центральном сопле без длинной конической части, с короткой резко расширяющейся выходной частью высотой не более 0,3

высоты цилиндрической части не успевает расширяться и на выходе из сопла резко раскрывается вблизи торца фурмы в виде вихревого зонтика, границы которого выходят за пределы периферийных струй. При этом кислородный вихрь раскрывается в пределах начального (газодинамического) участка сверхзвуковых периферийных струй, который характеризуется не развитым слоем смешения и слабой эжектирующей

(19) **SU** (11) **1592345** **A1**

способностью. Поэтому периферийные струи пронизывают вихревой кислородный зонтик, практически не эжектируя его содержимое. В результате этого значительно увеличивается поверхность взаимодействия дожигающего кислорода с отходящими конвертерными газами и повышается эффективность дожига CO. Выполнение выходной части центрального сопла плавно сопрягающей цилиндрическую часть сопла с нижней образующей головки фурмы и имеющей высоту не менее 0,1 высоты цилиндрической части, позволяет обеспечить надежное охлаждение водой (без образования застойных зон и завихрений) наиболее теплонапряженного места фурмы - выходного участка центрального сопла, а также истечение дожигающего кислородного потока без отрывных течений. Область оптимальных значений отношения площади проходного сечения каналов завихрителя к площади проходного сечения цилиндрической части центрального сопла находится в пределах (0,25-0,75):1. При отношении менее 0,25:1 для обеспечения подачи оптимальных расходов дожигающего кислорода необходимо значительное увеличение размеров центрального сопла, При этом резко увеличивается его поверхность, которая воспринимает мощные тепловые потоки от реакционной зоны и расплава, снижается стойкость фурмы. Вихревой зонтик раскрывается очень близко от фурмы, что также снижает ее стойкость из-за приближения к торцу высокотемпературной зоны горения CO. Кроме того, из-за малого давления газа в выходной части сопла возникает опасность попадания на стенки последней брызг металла и шлака, что может привести к выходу фурмы из строя. При отношении больше чем 0,75:1 снижается интенсивность закрутки, вихревой поток становится неустойчивым, имеет малый угол раскрытия и не выходит за пределы периферийных струй. Это приводит к резкому уменьшению поверхности взаимодействия с отходящими газами дожигающего кислорода, неполному усвоению последнего на окисление CO непосредственно в подфурменной зоне, к снижению эффективности процесса дожига. При выполнении фурмы без автономного тракта для подвода дожигающего кислорода область оптимальных значений от-

ношения площади проходных сечений каналов завихрителя к площади критических сечений периферийных сопел находится в пределах (0,05-0,25):1. При указанном отношении меньше чем 0,05:1 вихревой поток дожигающего кислорода является энергетически слабым и практически не выходит за пределы периферийных струй. При контакте кислородного вихря с продувочными струями происходит их частичное взаимодействие, в результате которого часть дожигающего кислорода эжектируется энергетически "более сильными" периферийными струями. В результате этого заметно снижается эффективность дожига окиси углерода. При отношении площади проходных сечений каналов завихрителя к площади критических сечений периферийных сопел больше чем 0,25:1 на дожигание CO подается больше 17-20% (от суммарного) кислорода. При этом резко снижается эффективность дожига CO из-за неусвоения части дожигающего кислорода в подфурменной зоне и ухудшается стойкость футеровки конвертера из-за догорания неусвоенного кислорода в верхней части конвертера. Кроме того, переоxygenяется шлак и повышается угар металла.

На фиг. 1 изображен вариант исполнения фурмы с дополнительным центральным трактом подачи кислорода; на фиг. 2 - разрез А-А на фиг. 1; на фиг. 3 - вариант исполнения фурмы без тракта подачи кислорода; на фиг. 4 - разрез Б-Б на фиг. 3.

Фурма состоит из трех (при исполнении фурмы безавтономного тракта подачи кислорода для дожига) или четырех (при наличии автономного тракта для подачи дожигающего кислорода) концентрично расположенных труб 1, образующих тракт(ы) 2 подвода кислорода, тракты 3 подвода и отвода охладителя и головки 4, которая имеет периферийные сопла Лавала 5 для подачи кислорода в виде сверхзвуковых струй на продувку и дополнительное центральное сопло 6 для подачи кислорода в виде вихревой струи на дожигание CO. Центральное сопло 6 снабжено установленным на входе в него завихрителем 7 газового потока, состоит из нерасширяющейся, например, цилиндрической части 8 и выходной части 9, плавно сопрягающей цилиндрическую

часть 8, сопла 6 с нижней образующей 10 головки 4 фурмы. При этом высота  $h_8$  выходной части 9 сопла 6 составляет 0,1–0,3 высоты  $h_4$  его цилиндрической части 8, а отношение площади проходного сечения  $F_3$  каналов завихрителя 7 к площади  $F_4$  проходного сечения цилиндрической части 8 центрального сопла 6 равно (0,25–0,75):1. При исполнении фурмы без автономного тракта для подвода дожигающего кислорода (отсутствует четвертая труба) отношение площади  $F_3$  проходных сечений каналов завихрителя 7 к площади  $F_{кр}$  критических сечений периферийных сопел 5 равно (0,05–0,25):1

Устройство работает следующим образом.

Основной поток кислорода 11 поступает к периферийным соплам Лавала 5, ускоряется в них и истекает в виде сверхзвуковых струй 12 в низкоплотное окружающее пространство конвертера, раскрываясь в нем под углом 10–14°. Эти "жесткие" дальнобойные струи используются только для рафинирования расплава. При взаимодействии их с расплавом образуется реакционная зона, где интенсивно протекают реакции окисления углерода, преимущественно до его окиси (CO), которая в струйном режиме барботаж всплывает в жидкой ванне и выделяется из нее преимущественно в подфурменной зоне. Дополнительный поток кислорода 13 ускоряется в тангенциальных соплах завихрителя 7 и поступает в нерасширяющуюся, например, цилиндрическую 8, а затем в выходную 9 части сопла 6. Вихревой поток кислорода в центральном сопле 6 с резко расширяющейся выходной частью 9 с указанным отношением высоты последней к высоте нерасширяющейся (цилиндрической) части 8 не успевает расшириться и на выходе из сопла резко раскрывается вблизи торца фурмы в виде вихревого зонтика, границы которого выходят за пределы периферийных продувочных струй. Кислородный вихрь 14 при этом имеет большую поверхность взаимодействия с отходящими конвертерными газами в пределах которой последние эффективно дожигаются кислородом вихря 14. Полученное за счет дожига тепло эффективно используется на нагрев ванны, так как область дожига расположена вблизи расплава ме-

талла. Вместе с тем зона дожига 14 достаточно удалена от футеровки и экранируется от последней вспененным шлаком, так что стойкость футеровки при применении предлагаемой фурмы практически не снижается. Поток охлаждающей воды в головке 4 фурмы обтекает выходную часть 9 сопла 6 без образования застойных зон и завихрителей, благодаря чему обеспечивается надежное охлаждение наиболее теплонапряженного места фурмы – ее торца в области центрального сопла 6 и выходного участка последнего.

Для определения оптимальных значений конструктивных параметров предлагаемой фурмы и изучения картины взаимодействия центральной (вихревой) и периферийных струй проведена серия экспериментов на газодинамическом стенде, оборудованном прибором для теневой фотосъемки и системой измерения полного и статического давления в газовых потоках. Эксперименты проводились на модели пятисопловой фурмы 350-тонного кислородного конвертера, выполненной в масштабе 1:5, а также на выполненном в натуральную величину центральном сопле с тангенциальным завихрителем. Кроме того, на 1/8 части головки фурмы, ограниченной с боков прозрачными поверхностями из оргстекла, с соблюдением критериев гидродинамического подобия исследовалось течение потока охлаждающей воды в головке фурмы, в частности омывание этим потоком центрального сопла.

В табл.1 приведены результаты исследования влияния высоты выходной части центрального сопла фурмы на структуру зоны дожига и организацию течения потока охлаждающей воды в головке фурмы.

Как видно из табл.1, область оптимальных значений отношения  $h_8/h_4$  лежит в пределах 0,1–0,3. При  $h_8/h_4 < 0,1$  в потоке охлаждающей воды вблизи выходного участка центрального сопла наблюдается образование застойных зон и завихрений, что резко снижает стойкость фурмы. При  $h_8/h_4 > 0,3$  вихревой кислородный поток предварительно расширяется в центральном сопле и практически не выходит за пределы периферийных струй, что приводит к существенному снижению поверхности взаимодействия дожигающего кислорода с отходящими конвертерными газами, рез-

ко снижается эффективность процесса дожига CO.

Эксперименты, проведенные на натурном центральном сопле с завихрителем, а также на модели фурмы (табл.2) показали, что область оптимальных значений отношения площади проходного сечения каналов завихрителя  $F_3$  к площади проходного сечения цилиндрической части центрального сопла  $F_4$  находятся в пределах (0,25–0,75):1.

При  $F_3/F_4 < 0,25$  значительно увеличиваются размеры центрального сопла и размещение его в головке многосопловой фурмы становится проблематичным. При этом резко увеличивается поверхность центрального сопла, которая воспринимает мощные тепловые потоки от реакционной зоны и зоны дожига, что приводит к снижению стойкости фурмы. Кислородный вихрь раскрывается слишком близко от торца фурмы и приближает к последней зону дожига. Кроме того, в центральной части вихревого кислородного потока (в центральном сопле) заметно снижается давление, что вызывает опасность попадания на внутреннюю поверхность центрального сопла брызг металла и шлака. При  $F_3/F_4 > 0,75$  заметно снижается интенсивность закрутки кислородного вихря, последний становится неустойчивым, имеет малый угол раскрытия и практически не выходит за пределы периферийных продувочных струй. Это приводит к резкому снижению поверхности взаимодействия дожигающего кислорода с отходящими газами и снижению эффективности продувки.

При исполнении фурмы без автономного тракта подачи дожигающего кислорода соотношение расходов кислорода, идущих на продувку и на дожигание CO, устанавливается в зависимости от отношения площади проходных сечений каналов завихрителя  $F_3$  к площади критических сечений периферийных сопел  $F_{кр.п}$ , а также от величины коэффициентов восстановления полного давления для продувочных (периферийных) сопел и центрального сопла, снабженного завихрителем. Влияние величины отношения  $F_3/F_{кр.п}$  на эффективность процесса дожига изучалось на модели фурмы, а также на натурном агрегате 350 т конвертере. При  $F_3/F_{кр.п} < 0,05$  истекающий из центрального сопла кислородный

вихрь является энергетически слабым и неустойчивым. В месте контакта его с продувочными струями из-за их частичного взаимодействия значительная часть кислорода вихря эжектируется периферийными струями, не образуется устойчивая зона дожига CO. Верхний предел оптимальных значений отношения  $F_3/F_{кр.п}$  определили при испытании фурм на 350-тонном конвертере (табл.2). В пятисопловой головке фурмы установлено дополнительное центральное сопло с установленным на входе в него завихрителем, выполненным в виде шести цилиндрических каналов с тангенциальным входом в цилиндрическую часть сопла. Отношение  $h_3/h_4$  составляло 0,25, а отношение  $F_3/F_4$  равно 0,6–0,75. Расход кислорода через фурму составлял 1200–1300 м<sup>3</sup>/мин.

Испытано 4 головки футеровки фурм с центральными соплами с различным значением отношения  $F_3/F_{кр.п}$ : 0,10; 0,20; 0,25; 0,30.

В табл.2 приведены результаты промышленных исследований влияния  $F_3/F_{кр.п}$  на показатели плавки.

При увеличении отношения  $F_3/F_{кр.п}$  больше 0,25 через центральное сопло проходит больше 17–20% от общего расхода кислорода, что превышает известные оптимальные значения. Как видно из табл.2, при этом резко увеличивается степень неусвоения дожигающего кислорода на окисление CO в полости конвертера и снижается эффективность процесса дожига. Кроме того, заметно увеличивается угар железа, снижается выход годного и стойкость фурм. Таким образом, область оптимальных значений отношения  $F_3/F_{кр.п}$  находится в пределах 0,05–0,25.

Испытания на 350-тонном конвертере показали, что применение заявляемых фурм позволяет за счет увеличения степени дожига окиси углерода в отходящих конвертерных газах снизить расход чугуна на 4,8–7,3 кг/т стали практически без снижения стойкости фурмы.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Кислородная фурма для продувки расплава, содержащая головку с расположенными в ней периферийными соплами и центральным соплом с установленным на входе в него завихрителем, о т -

личающаяся тем, что, с целью снижения расхода чугуна на плавку за счет повышения эффективности дожигания окиси углерода и увеличения стойкости фурмы, центральное сопло состоит из цилиндрической части и выходной части, плавно сопрягающей цилиндрическую часть сопла с нижней образующей головки фурмы, причем высота выходной части центрального сопла сос-

тавляет 0,1-0,3 высоты его цилиндрической части, отношение площади проходного сечения каналов завихрителя к площади проходного сечения цилиндрической части центрального сопла равно (0,25-0,75):1, а отношение площади проходного сечения каналов завихрителя к площади критических сечений периферийных сопел равно (0,05-0,25):1.

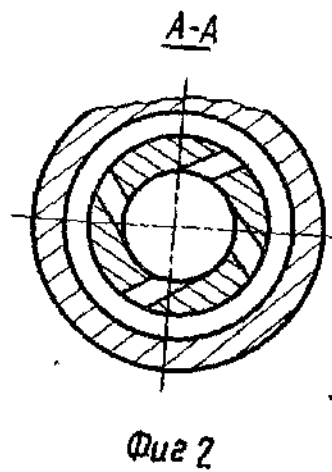
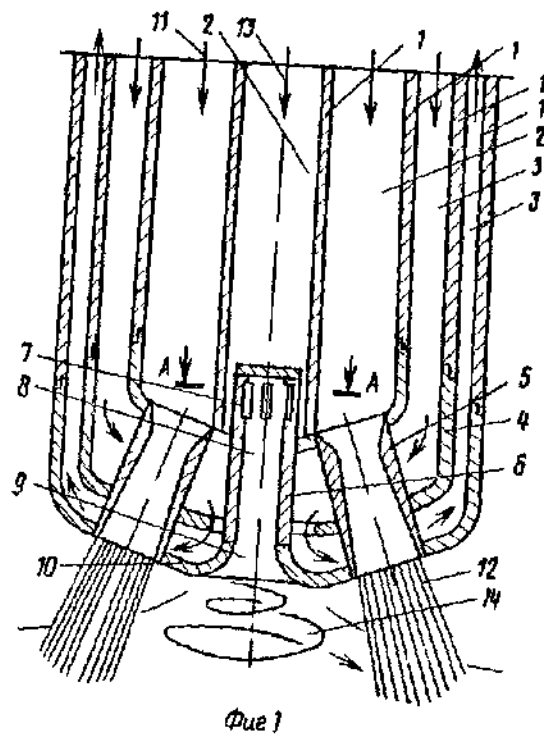
Т а б л и ц а 1

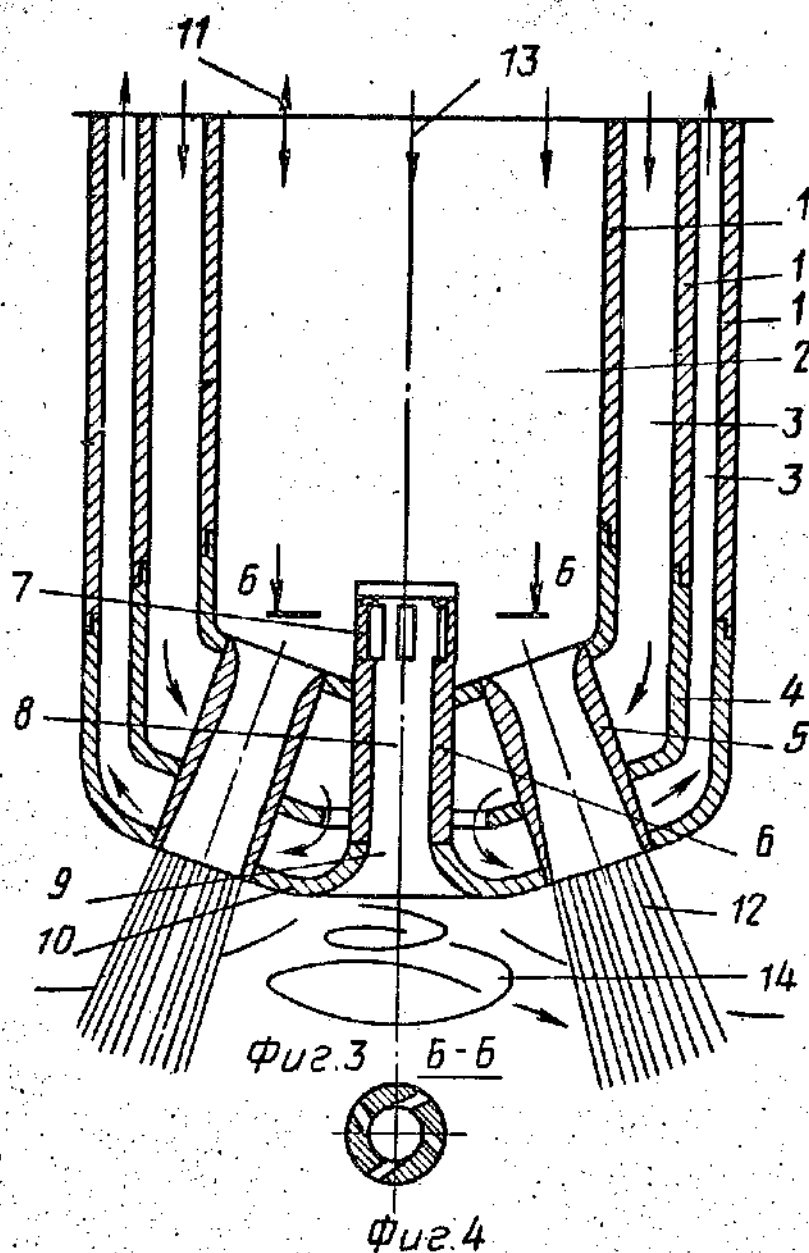
Опыты	Отношение $F_3 / F_{\text{ц}}$	Расстояние от зоны дожигания до торца фурмы калибры центрального сопла	Выход вихревого потока за границы периферийных струй	Примечание
1	0,1	0	Выходит	Зона дожигания перемещается частично внутрь центрального сопла из-за пониженного давления (разрежения) в центральной части вихревого потока
2	0,2	Близко к нулю	Выходит	То же
3	0,25	1-5	Выходит	
4	0,5	4-12	Выходит	
5	0,75	8-16	Выходит	Начинает уменьшаться угол раскрытия кислородного вихря
6	0,85	10-18	Не выходит	

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Отношение $F_3 / F_{\text{кр л}}$	Среднеинтегральная концентрация входящих газов, %			Расход компонентов шихты, кг/т		$(\text{FeO})_{\text{шл}}$	Стойкость фурм
		CO	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Чугун	Лом		
1	Действующая в цехе фурма	83	12	3	826,0	296,2	18	57
2	0,03	83	12	3	826,0	297,5	18	62
3	0,05	82	13	3	823,5	298,8	18	53
4	0,1	81	14	3	821,2	300,8	19	60
5	0,2	80	14,5-1,5	3,5	819,7	303,5	19	62
6	0,25	79	15-15,5	3,5	818,7	304,0	20	56
7	0,3	78	15-15,5	4-5	819,2	302,8	23	40

1592345





Редактор М. Недолуженко

Составитель В. Красина  
Техред Л. Олийник

Корректор М. Максимашин

Заказ 2681

Тираж 503

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

